

Incorporació dels Processos i Eines en les Assignatures de Projectes i Expressió Gràfica per a la Millora del Disseny Industrial. Exposició d'un cas real

Jordi Ivern Cacho

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

Òscar Farrerons Vidal

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

Resum

La incorporació de les tècniques, eines informàtiques, i conceptes teòrics tant de geometria com de mecànica i normalització que s'incorporen als plans d'estudi de les diferents assignatures d'expressió gràfica que es troben als diversos graus d'enginyeria a l'Escola de Enginyeria de Barcelona Est (EEBE-UPC), així com també els coneixements de la gestió documental, de les normes i els criteris que un projecte d'enginyeria necessita per a dotar-se de la validesa tècnica i administrativa imprescindible per a complir la seva funció, que formen part de les assignatures de projectes dels mateixos estudis de grau, són eines bàsiques imprescindibles que tot tècnic en procés de formació ha de conèixer, entendre i saber com haurà d'utilitzar en el seu immediat futur professional.

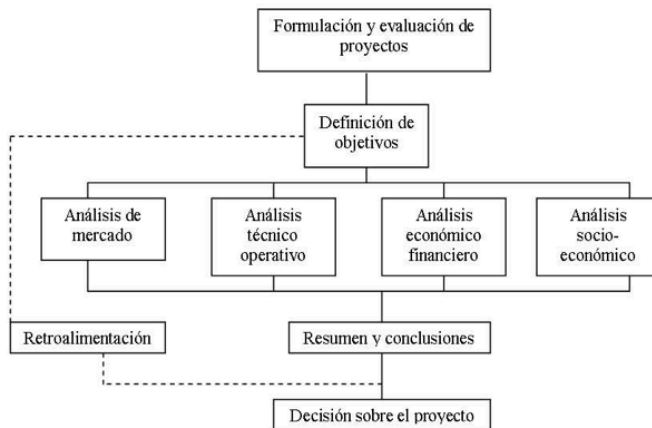
Totes aquestes eines i coneixements són transversals per a totes les enginyeries i formen part fonamental per permetre que el futur tècnic pugui transmetre d'una forma eficaç els seus coneixements. Aquest article intenta presentar breument aquestes habilitats i mostrar com en un projecte per a la millora d'un producte existent s'utilitzen les eines i es treballa amb els mecanismes de disseny que permet dotar el resultat final de la viabilitat tècnica i la justificació funcional.

1. Introducció

Les assignatures d'expressió gràfica, ja en el nivell bàsic des dels crèdits troncal del primer curs dels estudis dels graus, aporten infinitat d'exercicis per a entendre i exercitar la visió espacial i els conceptes geomètrics com a eines imprescindibles per a ser hàbils en el raonament de qualsevol procediment tècnic. Per altre banda s'introdueixen i exerciten les normatives que regulen la creació de qualsevol documentació gràfica com a llenguatge gràfic. I aquesta doble entrada de coneixements que es dona de forma simultània durant tot el curs amb l'aprenentatge i l'ús d'una aplicació informàtica gràfica que no només permet dibuixar en 2D i 3D, sinó que també simular moviments i comportaments reals dels materials i el mecanismes, així com extreure càlculs mecànics i cinemàtics d'elements sòlids i de fluids, utilitats que van més enllà dels objectius bàsics d'un primer contacte amb l'expressió gràfica però que ajuden a estimular a l'alumnat i a oferir-los un ventall infinit de possibilitats i vies d'estudi i coneixements, que donarà força i valor a la resta de l'aprenentatge. Més avançats els estudis l'alumnat té altres opcions específiques d'assignatures més avançades relacionades o amb l'expressió gràfica com a eina o en el coneixement i utilització d'altres programaris bàsicament gràfics per als càlculs de sistemes o verificació de solucions prèviament projectades.

Per altra banda des de l'assignatura de projectes, a més de molts altres coneixements específics com per exemple respecte les activitats i el seus sistemes de control, respecte eines de disseny i d'anàlisi de les necessitats que una proposta ha de complir o l'anàlisi i comparació quantitativa de les propostes fetes, s'inicia a l'alumnat en el coneixement i gestió de les normatives vigents com a pas imprescindible per a donar viabilitat a qualsevol proposta, també en la gestió documental i el coneixement dels mecanismes a l'abast per a documentar el coneixements necessari i imprescindible. Relacionat amb això es doten als futurs tècnics del coneixement en el procés per

a la creació del projecte i la seva solució final a partir de les necessitats inicials, viabilitats tècniques, financeres o de recursos humans i materials. Habilitat imprescindible per a complir els objectius. Finalment serà aquesta capacitat de formalització d'una idea, assistida pel màxim d'eines i recursos dels qual el dissenyador sàpiga proveir-se, la què determinarà l'èxit o no d'un comunicació tècnica eficaç.



Evaluación de proyectos: Análisis y administración del riesgo
Baca Urbina, G.

2. Cas particular

Anem a presentar com s'ha estructurat un projecte per a l'anàlisi d'un producte industrial existent i el disseny d'un de nou aplicant noves tecnologies i mirant de millorar en les prestacions i actualitzar al públic al que es dirigeix. L'objectiu del projecte és l'Estudi i Millora de les Tendres d'Acampada Plegables per a sobre els Sostres dels Vehicles Particulars.

Veiem el guió general del projecte, i analitzem el procés seguit:



CAR TOP CARRIES COLLAPSIBLE TENT

FASTENED to the roof of an automobile by a steel framework, a collapsible tent provides sleeping quarters for tourists and campers. From a compact unit barely a foot high, the accessory unfolds into a comfortable shelter with sufficient room for two sleepers. The front frame which steadies the unit

when in use also serves as a ladder for entering or leaving the tent. An adjustable flap on the front side of the canvas shelter insures adequate ventilation. The roof-top tent can be set up ready for use within ten minutes, it is claimed.



At left, the folding car-top shelter is seen set up for use. The frame that steadies it in front also serves as a ladder. Right, the unit as it appears when folded up for traveling

POPULAR SCIENCE MONTHLY,

Tiendas sobre techo de coche en 1937. (Fuente: Popular Science)



A la izq. modelo Air-Camping. A la der. modelo Autocampeggio Stogl. (Fuente: Autohome)



(Fuente: Autohome)

- S'inicia el projecte amb una presentació, **GLOSSARI** de termes i principals conceptes i llistat de **TAULES**.

- **INTRODUCCIÓ I ABAST** del projecte.

- **ANTECEDENTS**.

En aquest punt s'estudia l'origen d'aquest producte, els primers models, i la seva evolució a propostes més modernes de més fàcil utilització i millor adaptades a les necessitats actuals.

Algunes de les imatges són les següents :

- Un tercer punt és el de la **NORMATIVA**, que l'analitza des de dos punts de vista:

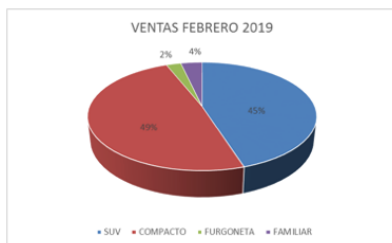
1. El de la de circulació dels vehicles privats respecte les pesos, volums o visibilitat des objectes afegits al volum original

2. El de l'ús que se li dona al producte, analitzant conceptes con “pernoctar” o “acampar”.

- El quart punt és un **ESTUDI DE MERCAT** on s'analitza el mercat actual del cotxe privat, que és en el fons un reflex de l'estat o evolució de la mobilitat privada i les seves necessitats, i que haurà de determinar les principals característiques tècniques per poder adaptar-se al màxim nombre de vehicles.

Veiem alguns dels aspectes analitzats:

L'anàlisi dels tipus de vehicles existents, i l'evolució en el mercat dels més nombrosos.





	Tienda de libro	Tienda rígida	Tienda rígida a 45º
Facilidad de apertura	●	●●	●●●
Resistencia a la meteorología	●●	●●●	●●●
Baja resistencia aerodinámica	●	●●●	●●●
Estabilidad con viento	●	●●●	●●
Aislamiento contra el frío	●●	●●●	●●●
Aislamiento contra el calor	●●	●●●	●●●
Durabilidad "off-road"	●●●	●●●	●●●
Tela transpirable	●●●	●●●	●●
Ventilación	●●●	●●●	●●
Confort	●●●	●●●	●●
Posibilidad de acampar	●●●	●●●	●●●
Posibilidad de pernoctar	-	●●●	●●●
Apta para dif. vehículos	●	●●●	●●●
Disponib. energía autónoma	●	●	●
Disponib. de automatización	●	●●	●
Incorporación de escalera	●●●	●●●	●●●
Sistema de apertura/cierre	Abatible mediante una bisagra	Pistones de gas/manivela	Pistones de gas
Dimensiones cerrada	110 x 130 x 35 cm	210 x 130 x 30 cm	210 x 130 x 30 cm
Dimensiones abierta	220 x 130 x 125 cm	210 x 130 x 92 cm	210 x 130 x 150 cm
Peso de las tiendas	≈ 45 Kg	≈ 56 Kg	≈ 52 Kg
Carga máx. sobre las tiendas	-	≈ 20 Kg	≈ 15 Kg
Espacio interior	-	196 litros	196 litros
Precio aproximado	2.139,00 €	2.719,00 €	2.589,00 €

● Básico	●● Bueno	●●● Muy bueno
----------	----------	---------------

Comparativa de los tres modelos de tienda más utilizados. (Fuente: Propia)

També es van analitzar les tendes existents al mercat, analitzant les seves diferències tècniques i veient els models més venuts.

Amb tota aquesta informació s'estableixen tres tipus bàsic: de llibre, rígides i rígides amb obertura a 45°, i se genera un quadre comparatiu que permet valorar cadascuna de les principals característiques.

- Cinquè punt: **DISSENY**, justificació.

En coherència amb els estudis anteriors, s'analitzen detalladament les mesures dels models de tendes existents i dels cotxes tipus SUV més habituals en el nostre mercat (ja que són l'objectiu principal d'aquestes noves tendes millorades).

Modelo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largura techo (mm)	Anchura techo (mm)	
					Máx.	Mín.
SEAT Ateca	4363	1841	1611	1997	1485	1452
VW Tiguan	4486	1839	1657	2113	1503	1491
AUDI Q5	4663	1893	1659	1983	1523	1500
MERCEDES GLC	4656	1890	1639	2136	1499	1475
RENAULT Kadjar	4449	1836	1613	2114	1480	1455
HYUNDAI Tucson	4475	1850	1655	2119	1472	1450
KIA Sportage	4480	1855	1655	2005	1487	1460

I es comparen també les mesures, pesos i volums (oberts i tancats) dels models de tendes.

Tota aquesta informació, permet establir quines han de ser les mesures del nou model.

Amb un procés d'anàlisi similar (Anàlisi de l'actualitat > Comparativa > Extracció de resultats) s'analitzen els materials, sistemes i pesos dels models existents per establir les condicions que s'espera que compleixi el nou model.

Modelo	Talla	DETALLES TÉCNICOS							
		Cerrado			Abierto			Peso (Kg)	Volumen (l)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		
Columbus	Pequeña	210	130	30	210	130	150	52	196
	Media	210	145	32	210	145	150	57	220
	Grande	215	160	34	215	160	150	64	260
Airlander	Pequeña	210	130	30	210	130	92	56	196
	Media	210	145	32	210	145	92	60	220
	Grande	215	160	34	215	160	92	72	260
Airlander Plus	Pequeña	210	130	30	210	130	92	56	196
	Media	210	145	32	210	145	92	60	220
	Grande	215	160	34	215	160	92	72	260
Airlander 360	Grande	230	180	34	230	180	92	95	300
Grand tour	Pequeña	210	130	36	210	130	96	58	344
	Media	210	145	36	210	145	96	62	378
	Grande	215	160	36	215	160	96	73	461
Extreme	Pequeña	210	130	33	210	130	90	65	203
	Media	210	145	33	210	145	90	69	228
Carbon fiber	Pequeña	210	130	30	210	130	92	46	196
	Media	210	145	32	210	145	92	49	220
Airtop	Pequeña	210	130	33	210	130	94	54	271
	Media	210	145	33	210	145	94	59	305
	Grande	215	160	33	215	160	94	72	340

Tipo	Rango de peso (kg)	Media (kg)	Dos barras (kg)	Tres barras (kg)
Para techo liso sin canaletas	65-90	77,5	155	232,5
Para techo liso con canaletas	75-110	92,5	185	277,5
Barras transversales	90-120	105	210	315
Bandeja	150-300	225	-	-

Rangos de pesos soportados por las barras de techo. (Fuente: Propia)

Talla	Rango de peso (kg)	Media (kg)
Pequeña	45-65	52,27
Mediana	49-69	58
Grande	64-95	72,25

Rango de pesos de las tiendas sobre techo en función del tamaño. (Fuente: Propia)

Un altre aspecte a dissenyar serà el mecanisme d' obertura. Basant-se altre cop en els estudis previs, i aplicant noves propostes segons els coneixements en mecànica dels autors, se proposen inicialment dos sistemes :

- De manovella

- De cremallera.

Els sistemes mecànicament tenen el mateix resultat final (obrir completament la base horitzontal de la tenda alhora que l'aixeca i elevar). Per a determinar quin sistema és més favorable, se genera una Matriu Pugh de decisions, que compara qualitativament una proposta respecte l'altre, establint un valor final.

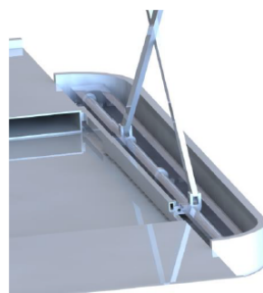
	Línea de partida	Ponderación	Solución alternativa
Criterios	Solución actual	Peso	Alternativa 1
Coste	0	3	-3
Seguridad	0	4	0
Complejidad	0	2	-2
Facilidad de uso	0	3	+3
Mantenimiento	0	2	+2
Peso aproximado	0	4	0
Robustez	0	3	-3
Durabilidad	0	3	0
Tiempo de apertura/cierre	0	2	-2
Facilidad de reparación	0	3	0
Optimización del espacio	0	3	0
Versatilidad	0	3	-3
TOTAL	-	-	-8

. Tabla de decisiones Pugh Matrix. (Fuente: Propia)

El resultat final “-8” indica que valorant una de les propostes tècniques prenent com a referència l'altre, ha quedat qualitativament



Figura 19. Vista seccionada del sistema de apertura piñón-cremallera. (Fuente: Propia)

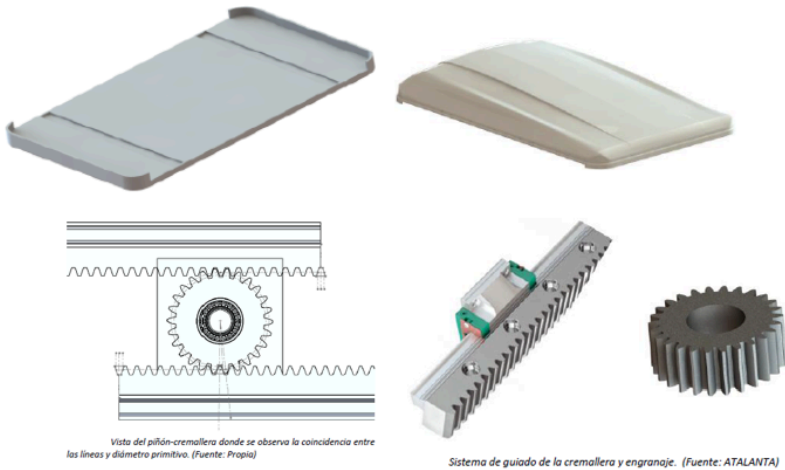


Vista detallada de las guías laterales en el sistema piñón-cremallera. (Fuente: Propia)

per sota, i per tant descartada. La proposta final és l'obertura per cremallera.

- Setè punt : **DISSENY** de les peces.

Un cop justificades les mesures i sistemes del nou model, cal dissenyar tots el components per permetrà i muntar virtualment un primer prototip.



Fins a aconseguir el prototip acabat.

Un punt primordial en aquest punt de disseny és la tria dels material. El sistema de tria torna a ser l'estudi previ i la comparativa amb una valoració quantitativa que permet triar el material més favorable. Per els mecanismes.



Material	Ventajas	Inconvenientes
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Baja densidad - Fácil mecanización - Buena resistencia mecánica - Buena resistencia a la corrosión - Precio 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil reparación - Conductor eléctrico
Fibra de carbono	<ul style="list-style-type: none"> - Gran resistencia mecánica - Muy baja densidad - Gran aislante térmico - Resistente a agentes externos - Resistente a variaciones de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado precio - Difícil reparación - Fragilidad
PRFV	<ul style="list-style-type: none"> - Gran aislante térmico - Gran resistencia mecánica - Baja densidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación laboriosa

Propiedades	Materiales			
	Aluminio	Fibra de carbono	PRFV	ABS
Baja densidad	1	5	3	5
Fácil mecanización	5	3	3	3
Resistencia mecánica	3	5	3	3
Resistente a la corrosión	3	5	5	5
Aislante térmico	1	3	5	3
Aislante acústico	1	3	5	3
Aislante eléctrico	3	5	5	5
Precio	5	1	3	5
Rigidez	3	5	5	3
Tenacidad	5	1	1	5
Fácil reparación	1	3	5	1
Resistente a agentes atmosféricos	3	5	5	3
Resistente al fuego	3	5	5	1
Resistencia a los impactos	3	5	5	3
TOTAL	40	54	58	48

Criterio de selección del material más adecuado para las carcasas. (Fuente: Propia)

S'utilitza el mateix procediment de selecció per a tots els materials, com per la tela protectora:

Tipos de tejidos	Ventajas	Inconvenientes
Algodón	<ul style="list-style-type: none"> - Gran transpirabilidad - Elevada resistencia y durabilidad - Material versátil 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca elasticidad - Se arruga con facilidad
Acrílico	<ul style="list-style-type: none"> - Gran resistencia a la luz solar - Gran recuperación elástica 	<ul style="list-style-type: none"> - Inflamable
Poliéster	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente a la humedad - Precio - Buena elasticidad - Buena resistencia - Resistente a altas temperaturas - Muy versátil - Impermeable 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada carga electrostática
PVC	<ul style="list-style-type: none"> - Gran aislante térmico - Gran impermeabilidad - Larga vida útil - Resistente al desgarro y ruptura - Gran flexibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio elevado en comparación con otros textiles
Nylon	<ul style="list-style-type: none"> - Buena elasticidad - Gran resistencia - Impermeable 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja resistencia a la luz solar

Ventajas y desventajas de los principales materiales para la tela. (Fuente: Propia)

Propiedades	Materiales				
	Algodón	Acrílico	Poliéster	PVC	Nylon
Baja densidad	5	3	3	1	3
Transpirabilidad	5	1	1	1	3
Impermeabilidad	1	5	5	5	5
Aislante térmico	5	3	5	5	3
Resistencia al desgarro	1	3	3	3	5
Resistencia a la luz solar	3	3	5	5	1
Resistencia a temperaturas extremas	3	3	5	3	3
Elasticidad	3	3	3	3	5
No se arruga	1	3	5	5	3
Precio	3	3	3	1	3
TOTAL	30	30	38	32	34

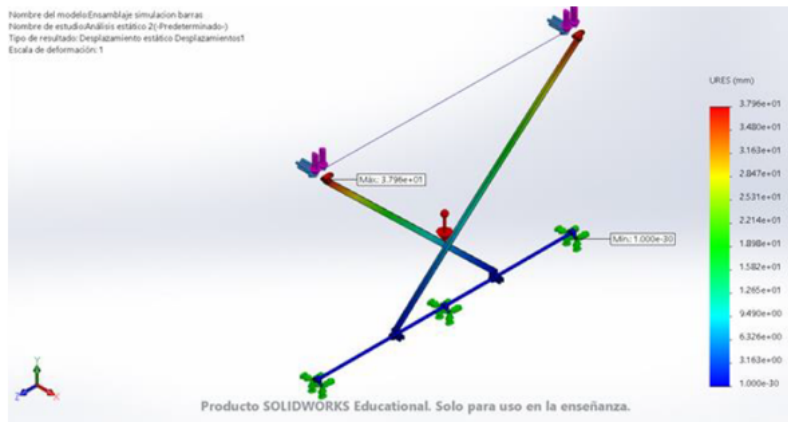
Criterio de selección del material más adecuado para la tela. (Fuente: Propia)

- Vuitè punt: **VERIFICACIÓ.**

Un cop definides les característiques bàsiques del nou model, triat el sistema, dissenyades les peces i definits el materials, amb les eines que s'ofereix a l'alumnat no només és possible el dibuix 2D i 3D per modelar tridimensional qualsevol forma, sinó que podem simular el moviments dels mecanismes, definir les diferents interaccions que les peces tenen entre elles, “posar el funcionament” el mecanisme i comprovar el resultat no només cinemàtic, sinó també intern de cada peça permetent estudiar el esforços a que estaran sotmeses, detectar possibles deformacions plàstiques o trencaments. Aquesta validació i redisseny aplicant els factors de seguretat que corresponguin, assegurarà que el resultat final tingui el comportament esperat.

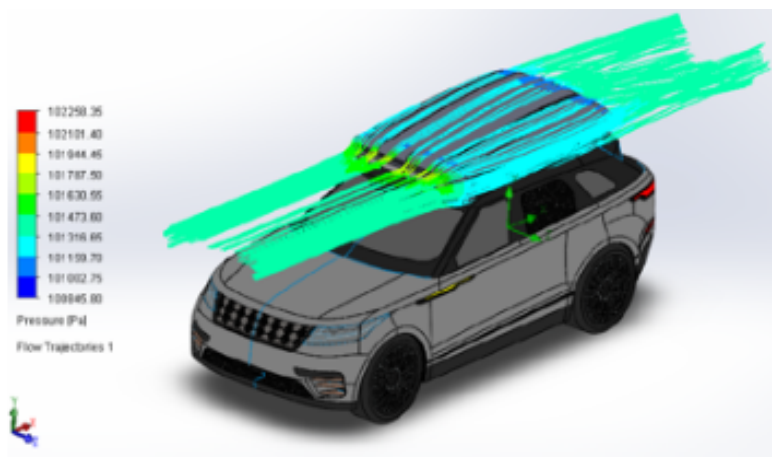
Les simulacions i validacions fetes van ser:

En els mecanismes d'obertura i tancament de la tenda.

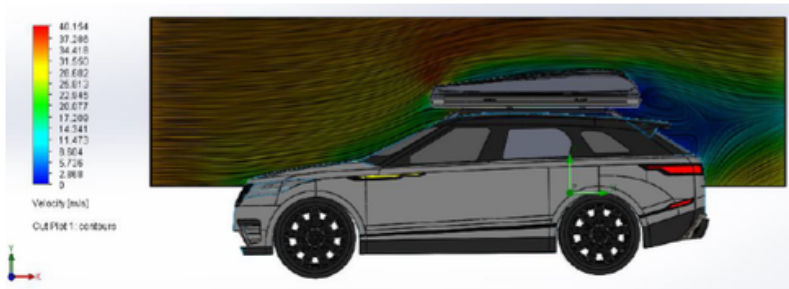


Desplazamientos estáticos del mecanismo de elevación. (Fuente: SolidWorks)

En l'aerodinàmica del conjunt.

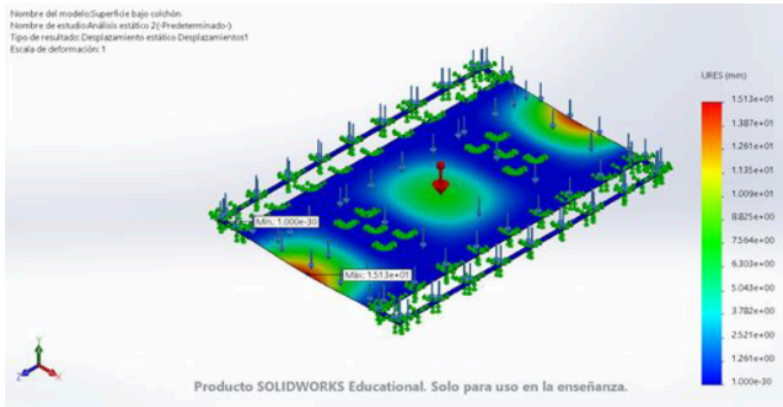


Líneas de corriente de presión. (Fuente: SolidWorks)



Vista lateral de las líneas de corriente de velocidad. (Fuente: SolidWorks)

La base, que és ahora suport i l'estructura general:



Desplazamientos estáticos de la superficie bajo colchón. (Fuente: SolidWorks)

Algunes d'aquestes peces, veient que tenien zones que entraven en deformació plàstica, es van haver de reforçar canviant la geometria per a augmentar la inèrcia i la resistència mecànica sense augmentar ni el pes, i per tant tampoc el cost total.

El darrer punt en aquest procés de disseny va ser la confecció d'una AMFE (anàlisi modal d'errades i efectes), per a preveure d'origen els possible problemes del sistema i dissenyar (o preveure)

ahora que el propi sistema els mecanismes de control o manteniment que els evitin, o de reparació per a evitar el màxim possible les conseqüències negatives de l'errada.

AMFE												
Elemento	Fallos potenciales		Estado inicial				Acciones propuestas	Estado actual				
	Modo de fallo	Efecto	S	O	D	NPR-S-O-D		S	O	D	NPR-S-O-D	
Superficie bajo cojín	Deformación de la superficie	Deformación plástica	7	5	2	70	Modificación de la presa original introduciendo apogeo	5	2	2	20	
Bandejas	Descañado de las guías	Dificultad en el cierre y en la apertura	7	2	8	112	Introducción de las barras de unión para evitar descañados	5	2	8	80	
	Deformación plástica	Se doblan las bandejas por un peso excesivo	10	4	8	120	Refuerzo las bandejas mediante vigas tubulares rectangulares	5	2	8	80	
Piñón-cremallera	Mal deslizamiento	Mecanismo no engrana bien	4	3	2	24	Lubricación de mantenimiento: Engrase por parte del usuario del mecanismo	4	3	2	24	
Fijaciones	Deformación permanente	Fallo en el conjunto estructural	7	4	10	280	Sustitución de las fijaciones de polipropileno por aluminio (DLC)	4	2	10	80	
Barras en cruz	Se doblan o se parten	Deformación plástica	10	2	8	160	Utilización de materiales con un elevado límite elástico	5	1	8	40	
Tomatería	Rotura de material	Liberación de ningún elemento	6	2	10	120	Utilización de tomatería de alta resistencia	3	1	10	30	
Techo	Rotura del material	Insulación de la tienda	10	2	4	80	Utilización de materiales óptimos con bajas densidades	2	2	5	20	
	Geometría	Alta resistencia aerodinámica	10	10	1	100	Rediseño de la superficie exterior del techo	2	2	1	4	
Bases	Rotura del material	Insulación de la tienda	10	2	4	80	Utilización de materiales óptimos con gran resistencia	2	2	5	20	

Tabla de Análisis Modal de Fallos y Efectos, AMFE. (Fuente: Propia)

- **PRESSUPOST i ANÀlisi DE ViABILITAT.** Finalment se calcula el cost de fabricació i s'analitzen els costos de producció que permetin vendre el producte a un preu competitiu respecte els competidors.
- El **RESULTAT FINAL** és el següent:

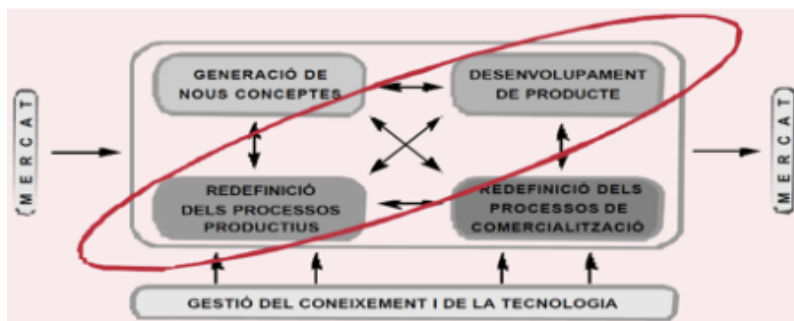




3. Conclusions

Les eines actuals de representació gràfica associades a l'enginyeria no només són eines de dibuix sinó que són eines que permeten la simulació de la realitat, la reproducció de les condicions reals de funcionament per a la verificació de les decisions de dissenys. La incorporació d'aquest tipus d'eines en les fases d'aprenentatge de les enginyeries, que permeten incorporar alhora totes les fases en el procés de disseny i verificació de les propostes, assegura un procés més curt en les formulacions de les propostes i la seva validació, i permet incorporar d'una forma més àgil i efectiva les modificacions i necessitats que el mercat demana.

Aquesta nova forma d'estructuració del procés de disseny, anomenada Enginyeria Concurrent, escurça de forma evident tots els processos previs a l'inici de la producció, encara que té com a contrapartida la necessitat de canviar les estructures clàssiques de les oficines tècniques tradicionals, augmentant les relacions i les capacitats d'interacció entre tots els agents que participen en el disseny.



Altres eines en les què s'introdueix als alumnes com a mecanismes objectius de presa de decisions davant de la tria de materials, mecanismes més adequats i recursos tècnics que satisfaran d'una forma més eficaç els requeriments esperants són, entre d'altres:

- Matriu de funció-Qualitat (QFD)
- Diagrames causa-efecte (d'Ishikawa), de Pareto o de Interaccions
- L'anàlisi d'errades i efectes (AMFE)

Tots aquests mecanismes permeten d'una forma quantitativa ajudar a la presa de decisions, valorant de forma objectiva les bondats de certes opcions i quantificant negativament les que són nocives pels objectius esperats. Operant i analitzant els valors obtinguts permeten avançar d'una forma ràpida i eficaç en el procés de disseny, així com amb la mateixa rapidesa i agilitat modificar les decisions preses si el mercat o les condicions de fabricació i distribució han canviat.

Referències

- BRUSOLA SIMON, F. (1999). *Oficina técnica y proyectos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 9788477217831.
- COMPANYS PASCUAL, R.; COROMINAS SUBÍAS, A. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales. Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*. Barcelona: Marcombo Boixerau Editores. ISBN 8426707173.

- FARRERONS, O.; & OLMEDO, N. (2016). *Las TIC y la Ingeniería Gráfica*. Omnia Science: Terrassa, Barcelona. <https://doi.org/10.3926/oms.306>
- GÓMEZ GONZÁLEZ, S (2015). *El Gran libro de SolidWorks. (2a ed.)*. Barcelona: Marcombo. ISBN 9788426721730.
- NICOLÁS, P. (2007). *Elaboración y control de presupuestos*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, SA. ISBN 9788480883436.
- PAHL, G.; BEITZJÖRG, W.; & GROTE, F. (2007). *Engineering Design [en línea]. (3th ed)*. London: Springer London. Consulta: 06/10/2016. ISBN 978-1-84628-319-2. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2>
- PUGH, S. (1990). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Wokingham, England [etc.]: Addison-Wesley Pub. Co., cop. ISBN 0201416395.
- ROMERO LÓPEZ, C (1997). *Técnicas de programación y control de proyectos*. Madrid: Piramide. ISBN 9788436811513.
- SANTOS SABRÁS, F. (2002). *Ingeniería de proyectos. (2ª ed)*. Pamplona: Eunsa. ISBN 9788431317232.
- STEVENSON, S.; WHITMORE, S. (2002). *Strategies for engineering communication*. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. ISBN 0471128171.
- URRAZA, G.; & ORTEGA, J. M. (2009). Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de Expresión gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos. *Revista de Formación e Innovación Educativa*, 2, 128-138. Retrieved from http://refiedu.webs.uvigo.es/Refiedu/Vol2_3/REFIEDU_2_3_2.pdf
- ZAÏDI, A. (1993). *QFD: despliegue de la función de calidad*. Madrid: Díaz de Santos. ISBN 8479780606.

